

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

secondo Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017
Regolamento Regionale n. 8 del 19/014/2019

<u>Committente</u>		
	Nome	OMNIGROUP SRL
	Indirizzo	Via Brunico 50, Varese
<u>Edificio / Condominio</u>		
	Descrizione	Progetto per la costruzione di un fabbricato di natura commerciale/artigianale
	Indirizzo	Via I Maggio, Ternate (VA)
<u>Studio tecnico</u>		
	Nome	ETA S.R.L.
	Indirizzo	VIALE BORRI, 226 - 21100 VARESE (VA)
	Software di calcolo	Edilclima EC737 - versione 1
	Data di redazione del documento	30/07/2021

SOMMARIO

1	Premessa
2	Normative di riferimento
3	Informazioni generali
4	Procedura dettagliata
5	Principali risultati dei calcoli

1. PREMESSA

Il Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 contiene "criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)".

Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di afflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera a) della l.r. 12/2005).

Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate che i volumi di afflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono essere maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione (articolo 58 bis, comma 1, lettera b) della l.r. 12/2005).

In particolare, con tale Regolamento, la Regione Lombardia definisce:

- gli interventi edilizi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- gli ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- la classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo;
- le indicazioni tecniche costruttive e degli esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche.

È inoltre previsto che i progettisti debbano consegnare, per gli interventi edilizi definiti dal Regolamento, una relazione d'invarianza idraulica e idrologica articolata nei seguenti punti:

- calcolo del volume di laminazione per il rispetto dei limiti di portata meteorica massima scaricabile nei ricettori;
- proposte di soluzione per la gestione delle acque meteoriche nel rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica;
- progetto di tutte le componenti del sistema di drenaggio e dello scarico terminale, qualora necessario, completo di planimetrie, profili, sezioni e particolari costruttivi;
- piano di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento regionale.

Il presente documento si concentra sul primo punto, ossia il calcolo del volume di laminazione per il rispetto dei limiti di portata meteorica massima scaricabile nei ricettori.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 – Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica.

Legge regionale 15 marzo 2016, n. 4 – Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua.

Legge Regionale 21 novembre 2011, n. 17 – Partecipazione della Regione Lombardia alla formazione e attuazione del diritto dell'Unione europea.

Regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 – Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne.

Legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 – Legge per il governo del territorio.

Legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 – Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche.

UNI/TS 1445, maggio 2012 - Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo

umano. Progettazione, installazione e manutenzione.

UNI EN 1717, novembre 2002 - Protezione dall'inquinamento dell'acqua potabile negli impianti idraulici e requisiti generali dei dispositivi atti a prevenire l'inquinamento da riflusso.

UNI EN 12053-3 - Sistema d'intercettazione, raccolta ed evacuazione (superfici di raccolta, bocchettoni, canali di gronda, doccioni, pluviali, pozzetti, caditoie, collettori differenziati ed opere di drenaggio).

UNI 9184 - Sistemi di scarico delle acque meteoriche - Criteri di progettazione, collaudo e gestione.

3. INFORMAZIONI GENERALI

Progetto per la realizzazione di (specificare il tipo di opere):

fabbricato di natura commerciale/artigianale

Sito in (specificare l'ubicazione o, in alternativa, indicare che è da edificare nel terreno in cui si riportano gli estremi del censimento al Nuovo Catasto Territoriale):

mappali 3319, 3326, 3374, 3375, 3376, 3377, 3381, 3391, 3478

Concessione edilizia n.		del	30/07/2021
Richiesta permesso di costruire		del	30/07/2021
Permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA		del	30/07/2021
Variante permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA		del	30/07/2021

Committente	OMNIGROUP SRL Via Brunico 50, Varese
-------------	---

Progettista	Dottore in Geologia SOMMARUGA GIAN PAOLO Albo: GEOLOGI Pr.: LOMBARDIA N.iscr.: 676
-------------	---

Comune di	Ternate	Provincia	Varese
Livello di criticità	Area C - criticità bassa	Q. massima scaricabile	20 l/(s*ha _{imp})

Definizione aree

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
Superficie impermeabile	Cat. 1 - Area impermeabile	2761.9	1.00
Superficie permeabile	Cat. 3 - Area permeabile	1376.2	0.30
Superficie a verde	Cat. 3 - Area permeabile	349.9	0.30
Edifici in costruzione	Cat. 1 - Area impermeabile	2723.2	1.00

Superficie totale	7211.2 m ²	Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m	0.83
-------------------	------------------------------	--	-------------

Procedura di calcolo proposta	Requisiti minimi (art.12 c.2)
Classe dell'intervento	Classe 2 - Impermeabilizzazione potenziale media

4. PROCEDURA DETTAGLIATA

PRECIPITAZIONE DI PROGETTO

L'applicazione del metodo delle sole piogge presuppone il calcolo della precipitazione di progetto, attraverso l'utilizzo delle linee segnalatrici di pioggia, come dato input per il calcolo del volume di laminazione. I parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

I parametri forniti si riferiscono alla linea segnalatrice di pioggia espressa nella forma:

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/ora ^{n}]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata pioggia

n [-]: parametro di scala

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T [anni]

ε , α , κ [-]: parametri della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values)

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il presente Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$T = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani;

$T = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori di un'ora, per le durate inferiori a un'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore $n = 0,5$ in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

I metodi proposti dalla normativa per il calcolo del volume di laminazione fanno riferimento alle linee segnalatrici di pioggia a due parametri a e n la cui espressione è:

h [mm]: altezza di pioggia

D [ore]: durata di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

a [mm/ora ^{n}]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T [anni]

a_1 [mm/ora ^{n}]: coefficiente pluviometrico orario

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

PROCEDURA DETTAGLIATA

L'applicazione della procedura dettagliata prevede l'implementazione dei seguenti passaggi:

- ietogramma di pioggia di progetto
- ietogramma netto di pioggia
- idrogramma in ingresso all'invaso
- idrogramma in uscita dall'invaso
- calcolo del volume di laminazione

IETOGRAMMA DI PIOGGIA DI PROGETTO

Per la definizione dell'evento di pioggia di progetto si può utilizzare lo ietogramma Chicago, sviluppato da Keifer e Chu nel 1957 con riferimento alla fognatura di Chicago. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco d'intensità massima e da una intensità media per ogni durata, anche parziale, uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Analiticamente lo ietogramma Chicago è descritto da due equazioni, rispettivamente riferite al ramo crescente prima del picco e al successivo ramo decrescente dopo il picco:

: intensità di pioggia
 : parametro della linea segnalatrice di pioggia
 : coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia
 : istante temporale
 : tempo di picco
 coefficiente di posizione

Il picco dello ietogramma di progetto si verifica in generale all'istante $t_p = k \cdot \theta$, interno alla durata θ , $0 \leq \theta \leq 1$. La sua posizione all'interno della durata complessiva θ dell'evento può essere scelta sulla base di indagini statistiche relative alla zona in esame, oppure in mancanza di informazioni si può porre $k = 0,4$ valore medio che risulta dagli studi in materia riportati in letteratura.

Una caratteristica importante dello ietogramma Chicago è quella di essere poco sensibile al variare della durata complessiva θ . Infatti, l'aumento di quest'ultima non influisce sulla parte centrale dello ietogramma, quella attorno al picco, che rimane immutata, ma solo sull'allungamento delle sue due code estreme prima e dopo il picco. Ciò significa che uno ietogramma Chicago di durata generica θ contiene in sé anche gli ietogrammi di durata inferiore: è quindi sufficiente considerare una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino per tenere conto delle diverse durate significative per tutti i suoi sottobacini.

Per quanto riguarda il valore massimo dell'intensità di pioggia, le equazioni sopra riportate conducono a valori infiniti dell'intensità di pioggia $i(t)$ per $t = t_p$. Per rimediare a questa incongruenza è necessario tagliare lo ietogramma Chicago in corrispondenza del picco, valutando il valore massimo dell'intensità di pioggia per un intervallo finito di tempo, dipendente dalla conoscenza della linea segnalatrice di pioggia nel campo delle durate molto brevi. In generale l'intensità massima di pioggia può essere valutata anche facendo riferimento all'intervallo di discretizzazione che si è scelto per la rappresentazione dello ietogramma. È tuttavia evidente che maggiore sarà tale intervallo rispetto alla durata complessiva dello ietogramma e meno accentuato sarà il picco di intensità.

Lo ietogramma Chicago, poiché rispetta le linee segnalatrici di pioggia per ogni durata parziale, è composto da una particolare combinazione di intensità di pioggia, ciascuna delle quali è correlata al medesimo tempo di ritorno della linea segnalatrice medesima; pertanto, con semplici considerazioni sulla probabilità composta si può dedurre che tale tipo di ietogramma presenta un tempo di ritorno che aumenta progressivamente al crescere della durata di base, scostandosi sempre più dal tempo di ritorno della linea segnalatrice di pioggia da cui esso è tratto. Per questo motivo, al fine di non incorrere in pesanti sovrastime del volume critico di pioggia, la durata di base che si sceglie di adottare non deve eccedere troppo il tempo di corrivazione del bacino.

IDROGRAMMA NETTO DI PIOGGIA

La valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione o nell'insieme delle opere di laminazione, può essere effettuata per esempio applicando uno dei seguenti metodi di calcolo suggeriti dal Regolamento Regionale n. 7:

- Metodo percentuale

- Modello di Horton

Metodo percentuale

La valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di pioggia, può essere effettuata in via semplificata adottando i valori standard del coefficiente di afflusso indicati dal Regolamento regionale n.7 del 23-11-2017.

I coefficienti di afflusso sono utilizzati per la stima della superficie scolante impermeabile interessata dall'intervento, valutando il coefficiente di afflusso medio ponderale rispetto alle superfici delle tre suddette categorie.

Lo ietogramma netto di pioggia risulta:

i_n [mm/ora]: intensità di pioggia netta

i [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

ϕ [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

Modello di Horton

L'infiltrazione delle acque di pioggia nel sottosuolo decresce da un valore massimo iniziale legato al tipo di suolo ed al suo stato di imbibizione all'inizio dell'evento, ad un valore minimo asintotico che eguaglia la conduttività idraulica a saturazione, la quale è legata alle caratteristiche di porosità del terreno, alla stratigrafia del sottosuolo, alla presenza e distanza dalla falda. La rapidità con cui la curva esponenziale decresce, è anch'essa legata al tipo di suolo:

Se $i_0 \geq f_0$:

: infiltrazione al tempo

: conduttività idraulica a saturazione

: infiltrazione iniziale (per)

: costante di decadimento

Se $i_0 < f_0$ è necessario traslare tale curva di un intervallo di tempo t_0 tale che nel momento in cui si verifica l'intersezione tra la nuova curva d'infiltrazione e lo ietogramma ($i = f'$), il volume di pioggia affluito sia uguale a quello infiltrato ($I = F'$):

: tempo di ponding; intersezione tra la curva di infiltrazione traslata e lo ietogramma di pioggia

: tempo di tralsazione

: intensità di pioggia al tempo di ponding

: infiltrazione al tempo

: volume di pioggia affluito al tempo di ponding

: volume infiltrato al tempo

Il volume di infiltrazione di calcola come:

Per quanto riguarda i valori da attribuire ai parametri della legge di Horton, il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo dei valori riportati in Tabella 2:

Tabella 2 – Valori parametri modello di Horton

Classe suolo	f_0 [mm/ora]	f_C [mm/ora]	k [ore ⁻¹]
A	250	25.4	2

B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:

Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Classe C Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

Classe D Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Lo ietogramma netto $i_n(t)$ si può calcolare come segue:

i_n [mm/ora]: intensità di pioggia netta

i [mm/ora]: intensità di pioggia lorda

t_p [ore]: tempo di "ponding"

f' [mm/ora]: intensità d'infiltrazione (curva di Horton traslata)

IDROGRAMMA IN INGRESSO ALL'INVASO

Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017 suggerisce di utilizzare come modello afflussi-deflussi per il calcolo dell'idrogramma in ingresso all'invaso il metodo della corrivazione, le cui equazioni generali di riferimento sono, in forma discretizzata:

q_k [m^3/s]: portata all'istante di tempo $t = k \cdot \Delta t$

p_j [m^3/s]: volume di pioggia netta all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$

i_j [mm/ora]: intensità di pioggia all'istante di tempo $t = j \cdot \Delta t$

ϕ [-]: coefficiente di afflusso medio ponderato

Δt [ore]: intervallo di tempo considerato

IUH_{k-j+1} [-]: idrogramma istantaneo unitario all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

A_{k-j+1} [ha]: porzione di bacino alla sezione di chiusura all'istante di tempo $t = (k - j + 1) \cdot \Delta t$

A [ha]: area totale dell'intervento

In mancanza d'indicazioni specifiche, si consideri la curva aree-tempi lineare di Figura, caso particolare per cui l'idrogramma istantaneo unitario (IUH) risulta costante nel tempo e pari a $\frac{1}{\Delta t}$ dove Δt : tempo di corrivazione.

Figura – Curva aree-tempi lineare

Il tempo di corrivazione T_0 , nelle reti di drenaggio urbano può essere calcolato come:

T_e [ore]: tempo di entrata in rete

T_r [ore]: tempo di rete del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di calcolo

1,5: coefficiente di taratura

Il tempo di rete T_r si calcola come:

$j [-]$: j-esimo percorso possibile lungo la rete fino alla sezione di calcolo considerata

$i [-]$: i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

$L_{ij} [m]$: lunghezza dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

$V_{rj} [m/s]$: velocità a pieno riempimento dell'i-esimo ramo lungo il j-esimo percorso

La velocità a pieno riempimento V_r si calcola utilizzando l'equazione di Chezy-Strickler:

$R [m]$: raggio idraulico, che per condotte circolari risulta pari a: $R = D/4$

$D [m]$: diametro della condotta

$i [-]$: pendenza della condotta

$k_s [m^{1/3}/s]$: coefficiente di scabrezza della condotta

Per piccole superfici, quali tetti, cortili interni il tempo di corrivazione è generalmente molto piccolo e può essere assunto pari al tempo di ingresso in rete, per cui in assenza di dati specifici relativi al caso in esame, possono essere presi a riferimento i valori in Tabella.

Tabella – Valori proposti in letteratura per la stima del tempo di entrata in rete

Tipi di bacini	Te [min]
centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5 ÷ 7
centri commerciali con pendenze modeste e caditoie meno frequenti	7 ÷ 10
aree residenziali di tipo intensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10 ÷ 15

Il tempo di base dell'idrogramma di piena T_b si calcola come $T_b = \theta + T_0$

IDROGRAMMA IN USCITA DALL'INVASO

L'idrogramma in uscita dall'invaso deve rispettare il limite massimo di scarico ammissibile dal Regolamento Regionale n.7 del 23-11-2017 in funzione dell'ambito territoriale:

- Aree A: $u_{lim} = 10 [l/s \text{ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento}]$
- Aree B: $u_{lim} = 20 [l/s \text{ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento}]$
- Aree C: $u_{lim} = 20 [l/s \text{ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento}]$

In ogni caso si ipotizza che l'invaso sia vuoto all'inizio dell'evento di pioggia considerato.

PROCESSO DI LAMINAZIONE

Il processo di laminazione è descritto in generale dal sistema di equazioni:

Equazione differenziale di continuità:

Legge di efflusso dell'invaso:

Curva d'invaso:

$Q_e(t)$ [m^3/s]: portata entrante nell'invaso

$Q_u(t)$ [m^3/s]: portata uscente dall'invaso

$W(t)$ [m^3]: volume invasato

$H(t)$ [m]: battente idrico nell'invaso

Il volume di laminazione è pari al massimo volume invasato W_{max} , tale valore deve essere confrontato con i requisiti minimi W_{min} per la definizione del volume di progetto W che deve risultare pari al massimo tra i due:

$$W = \max(W_{max}; W_{min})$$

TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento dell'invaso non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

5. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati riassuntivi del calcolo.

Comune di	Ternate	Provincia	Varese
Livello di criticità	Area C - criticità bassa	Limite ammissibile allo scarico	20 l/(s*ha,imp)

Dati geografici

Coefficiente pluviometrico orario	a_1	31.79	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0.3589	-
GEV - Parametro alfa	α	0.2786	-
GEV - Parametro kappa	k	-0.0160	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	0.8344	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).

Linee pioggia - Grafico

Linee pioggia - Risultati tabellari

Durata [ore]	T= 20 anni h [mm]	T= 50 anni h [mm]	T= 100 anni h [mm]	T= 200 anni h [mm]
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	53.47	62.19	68.80	75.47

2	68.57	79.75	88.24	96.79
3	79.31	92.24	102.06	111.95
4	87.94	102.27	113.16	124.13
5	95.27	110.80	122.60	134.48
6	101.71	118.30	130.89	143.57
7	107.50	125.02	138.33	151.74
8	112.77	131.16	145.12	159.19
9	117.64	136.83	151.39	166.06
10	122.18	142.10	157.22	172.46
11	126.43	147.04	162.69	178.46
12	130.44	151.71	167.86	184.12
13	134.24	156.13	172.75	189.49
14	137.86	160.34	177.40	194.60
15	141.31	164.36	181.85	199.48
16	144.62	168.21	186.11	204.15
17	147.81	171.91	190.21	208.64
18	150.87	175.47	194.15	212.97
19	153.83	178.91	197.95	217.14
20	156.68	182.23	201.63	221.17
21	159.45	185.45	205.19	225.08
22	162.14	188.57	208.65	228.87
23	164.74	191.61	212.00	232.55
24	167.28	194.56	215.27	236.13

Scelta tempo di ritorno

Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica

Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	W_T	1.956	
Parametro pioggia	A	62.185	mm/h ⁿ

Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.

T = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

Definizione ietogramma di pioggia

Durata pioggia di progetto	θ	1.00	ore
Coefficiente di posizione	r	0.40	
Metodo di calcolo (ietogramma netto)	Metodo percentuale		

Nota: Il Regolamento Regionale n.7 del 23/11/2017, suggerisce l'utilizzo della seguente tabella:

In cui le classi d'uso del suolo sono quelle proposte dal Natural Resources Conservation Service:

Classe A Scarsa potenzialità di afflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Classe B Potenzialità di afflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Classe C Potenzialità di afflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

Classe D Potenzialità di afflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Ietogramma di pioggia – Grafico**Ietogramma netto di pioggia – Risultati tabellari**

Tempo [min]	Intensità di pioggia [mm/h]	Int. di pioggia netta [mm/h]
0	31.09	25.88
1	31.76	26.44
2	32.48	27.03
3	33.24	27.67
4	34.06	28.35
5	34.95	29.09
6	35.90	29.89
7	36.94	30.75
8	38.08	31.70
9	39.33	32.74
10	40.71	33.89
11	42.25	35.17
12	43.97	36.60
13	45.93	38.23
14	48.17	40.10
15	50.77	42.27
16	53.85	44.83
17	57.57	47.93
18	62.19	51.77
19	68.12	56.71
20	76.16	63.40
21	87.94	73.21
22	107.71	89.66
23	152.32	126.80
24	169.44	141.05
25	186.56	155.30
26	131.92	109.81
27	107.71	89.66
28	93.28	77.65
29	83.43	69.45
30	76.16	63.40
31	70.51	58.70
32	65.96	54.91
33	62.19	51.77
34	58.99	49.11
35	56.25	46.82
36	53.85	44.83
37	51.74	43.07
38	49.86	41.51
39	48.17	40.10
40	46.64	38.82
41	45.25	37.67
42	43.97	36.60
43	42.80	35.63
44	41.72	34.73
45	40.71	33.89
46	39.77	33.11
47	38.90	32.38
48	38.08	31.70
49	37.31	31.06
50	36.59	30.46
51	35.90	29.89
52	35.26	29.35

53	34.64	28.84
54	34.06	28.35
55	33.51	27.89
56	32.98	27.45
57	32.48	27.03
58	31.99	26.63
59	31.53	26.25
60	31.09	25.88

Idrogramma di piena

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	Tempo corriv. [min]
Superficie impermeabile	Cat. 1 - Area impermeabile	2761.9	1.00	0
Superficie permeabile	Cat. 3 - Area permeabile	1376.2	0.30	0
Superficie a verde	Cat. 3 - Area permeabile	349.9	0.30	0
Edifici in costruzione	Cat. 1 - Area impermeabile	2723.2	1.00	0

Superficie totale	7211.2 m ²	Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ	0.83
Tempo di corrivazione medio		0 min	

Volume di invaso

Superficie totale intervento		0.72 ha
Volume minimo specifico di invaso		400 m ³ /ha,imp
Volume laminazione di progetto	W	240.5 m ³
VERIFICA		Positiva

Laminazione

Tipologia di svuotamento		<i>Portata costante</i>	
Portata uscente	Q _u	12.006 l/s	
Tempo di svuotamento massimo		48.0 h	
Tempo di svuotamento dell'invaso	t _{sv}	5.6 h	
VERIFICA		Positiva	

Idrogramma di piena - Grafico

Idrogramma di piena - Risultati tabellari

Tempo [min]	Int. pioggia [mm/ora]	Q _e [m ³ /s]	Q _u [m ³ /s]	We [m ³]	Wu [m ³]
0	25.88	0.00	0.00	0.00	0.00
1	26.44	0.00	0.00	0.00	0.00
2	27.03	0.00	0.00	0.00	0.00
3	27.67	0.00	0.00	0.00	0.00
4	28.35	0.00	0.00	0.00	0.00
5	29.09	0.00	0.00	0.00	0.00
6	29.89	0.00	0.00	0.00	0.00

7	30.75	0.00	0.00	0.00	0.00
8	31.70	0.00	0.00	0.00	0.00
9	32.74	0.00	0.00	0.00	0.00
10	33.89	0.00	0.00	0.00	0.00
11	35.17	0.00	0.00	0.00	0.00
12	36.60	0.00	0.00	0.00	0.00
13	38.23	0.00	0.00	0.00	0.00
14	40.10	0.00	0.00	0.00	0.00
15	42.27	0.00	0.00	0.00	0.00
16	44.83	0.00	0.00	0.00	0.00
17	47.93	0.00	0.00	0.00	0.00
18	51.77	0.00	0.00	0.00	0.00
19	56.71	0.00	0.00	0.00	0.00
20	63.40	0.00	0.00	0.00	0.00
21	73.21	0.00	0.00	0.00	0.00
22	89.66	0.00	0.00	0.00	0.00
23	126.80	0.00	0.00	0.00	0.00
24	141.05	0.00	0.01	0.00	0.72
25	155.30	0.00	0.01	0.00	1.44
26	109.81	0.00	0.01	0.00	2.16
27	89.66	0.00	0.01	0.00	2.88
28	77.65	0.00	0.01	0.00	3.60
29	69.45	0.00	0.01	0.00	4.32
30	63.40	0.00	0.01	0.00	5.04
31	58.70	0.00	0.01	0.00	5.76
32	54.91	0.00	0.01	0.00	6.48
33	51.77	0.00	0.01	0.00	7.20
34	49.11	0.00	0.01	0.00	7.92
35	46.82	0.00	0.01	0.00	8.64
36	44.83	0.00	0.01	0.00	9.36
37	43.07	0.00	0.01	0.00	10.08
38	41.51	0.00	0.01	0.00	10.81
39	40.10	0.00	0.01	0.00	11.53
40	38.82	0.00	0.01	0.00	12.25
41	37.67	0.00	0.01	0.00	12.97
42	36.60	0.00	0.01	0.00	13.69
43	35.63	0.00	0.01	0.00	14.41
44	34.73	0.00	0.01	0.00	15.13
45	33.89	0.00	0.01	0.00	15.85
46	33.11	0.00	0.01	0.00	16.57
47	32.38	0.00	0.01	0.00	17.29
48	31.70	0.00	0.01	0.00	18.01
49	31.06	0.00	0.01	0.00	18.73
50	30.46	0.00	0.01	0.00	19.45
51	29.89	0.00	0.01	0.00	20.17
52	29.35	0.00	0.01	0.00	20.89
53	28.84	0.00	0.01	0.00	21.61
54	28.35	0.00	0.01	0.00	22.33
55	27.89	0.00	0.01	0.00	23.05
56	27.45	0.00	0.01	0.00	23.77
57	27.03	0.00	0.01	0.00	24.49
58	26.63	0.00	0.01	0.00	25.21
59	26.25	0.00	0.01	0.00	25.93
60	25.88	0.00	0.01	0.00	26.65